

# Primjena mjera zaštite za izvorište Belski dol

---

Štriga, Simona

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:130:469457>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-01**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations](#)



# Primjena mjera zaštite za izvorište Belski dol

---

**Štriga, Simona**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:130:469457>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2020-10-27**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Geotechnical Engineering](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEOTEHNIČKI FAKULTET

SIMONA ŠTRIGA

PRIMJENA MJERA ZAŠTITE ZA IZVORIŠTE  
BELSKI DOL

DIPLOMSKI RAD

VARAŽDIN, 2018.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEOTEHNIČKI FAKULTET

PRIMJENA MJERA ZAŠTITE ZA IZVORIŠTE  
BELSKI DOL

DIPLOMSKI RAD

KANDIDAT:  
Simona Štriga

MENTOR:  
Doc.dr.sc. Hrvoje Meaški

VARAŽDIN, 2018.

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad pod naslovom

### **Primjena mjera zaštite za izvorište Belski dol**

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom doc.dr.sc. Hrvoja Meaškog.

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 10. rujna 2018.

SIMONA ŠTRIGA

(Ime i prezime)

Simona Štriga

(Vlastoručni potpis)

Sažetak i ključne riječi

Simona Štriga

### **Primjena mjera zaštite za izvorište Belski dol**

Izvorište Belski dol nalazi se u sjeveroistočnom dijelu Hrvatskog zagorja. Smješteno je južno od naselja Bela, a slivno područje izvorišta rasprostire se na području gradova Ivanec i Novi Marof u Varaždinskoj županiji te općine Budinščina u Krapinsko – zagorskoj županiji. Najveći dio površine slivnog područja izvorišta Belski dol zauzimaju propusne karbonatne stijene (dolomiti, dolomitični vapnenci i vapnenci). Ove naslage karakterizira sekundarna pukotinska poroznost. Posljedica je tektonike, a pukotine su zapunjene dolomitnim pijeskom i glinovitim materijalom. Unatoč pukotinskoj poroznosti, navedeni vodni sustav nije u punom smislu riječi krški jer izvori imaju puno manje oscilacije u izdašnosti te sporiju reakciju na trenutne hidrološke prilike u smislu zamućivanja, pošto je voda koja istječe na izvorima u vrijeme velikih oborina potpuno bistra. Izvorište se sastoji od dva kaptirana izvora, „Gornjeg“ (28 l/s) i „Donjeg“ (35 l/s). Samo izvorište i priljevno područje podijeljeno je u tri zone sanitarne zaštite (I.A, I.B, II., III). U skladu s Pravilnikom o uvjetima za utvrđivanje zona sanitarne zaštite izvorišta (NN 66/2011, 47/2013) definirane su pasivne i aktivne mjere zaštite i sanacijski zahvati koje je potrebno provesti kako bi se očuvala kvaliteta vode. Mjere se odnose na potencijalne onečišćivače, a u ovom području to su kućanstva bez izgrađenog kanalizacijskog sustava, manje poljoprivredne površine i stočarske farme, prometnice, kamenolomi, divlja odlagališta otpada te turističke aktivnosti kod planinarskog doma i kapelice koja se nalazi tik uz izvorište.

Ključne riječi: zaštita podzemnih voda, izvorište Belski dol, pukotinski vodonosnik

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	4
2. ZAŠTITA PUKOTINSKIH VODONOSNIKA .....	5
2.1. OSNOVNE ZNAČAJKE PUKOTINSKIH VODONOSNIKA .....	5
2.2. OSNOVNE PRETPOSTAVKE I OSNOVNA NAČELA ZAŠTITE PODZEMNIH VODA.....	6
2.3. ZAŠTITA PUKOTINSKIH VODONOSNIKA U REPUBLICI HRVATSKOJ..	8
3. IZVORIŠTE BELSKI DOL.....	13
3.1. OSNOVNE ZNAČAJKE IZVORIŠTA BELSKI DOL .....	13
3.2. HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE IZVORIŠTA BELSKI DOL.....	16
3.3. HIDROLOŠKE ZNAČAJKE IZVORIŠTA BELSKI DOL .....	18
4. KAKVOĆA VODE .....	21
4.1. HIDROGEOKEMIJSKI POKAZATELJI I POKAZATELJI ANTROPOGENOG UTJECAJA U PERIODU OD 1990. DO 2007.....	21
4.2. HIDROGEOKEMIJSKI POKAZATELJI I POKAZATELJI ANTROPOGENOG UTJECAJA U PERIODU OD 2010. DO 2017.....	25
5. ONEČIŠĆIVAČI NA PODRUČJU IZVORIŠTA BELSKI DOL .....	28
5.1. POTENCIJALNI ONEČIŠĆIVAČI REGISTRIRANI 2008. GODINE .....	28
5.2. POTENCIJALNI ONEČIŠĆIVAČI REGISTRIRANI 2018. GODINE .....	31
6. MJERE ZAŠTITE I SANACIJSKI ZAHVATI.....	35
6.1. PROMETNICE .....	35
6.2. KAMENOLOMI.....	36
6.3. DIVLJA ODLAGALIŠTA OTPADA .....	37
6.4. SEOSKA GOSPODARSTVA .....	38
6.5. POLJOPRIVREDNE POVRŠINE.....	39
6.6. TURISTIČKE AKTIVNOSTI .....	40
7. ZAKLJUČAK.....	42
8. LITERATURA .....	43

PRILOG 1: Pregledna karta onečišćivača na području zona sanitarne zaštite izvorišta Belski dol



## 1. UVOD

Voda za piće jedan je od najvažnijih, ako ne i najvažniji prirodni resurs koji je u današnje vrijeme nedostupan mnogim stanovnicima planete Zemlja. Prema Strategiji upravljanja vodama (Hrvatske vode 2009), Hrvatska je zemlja koja je bogata vodom što potvrđuju i podaci UNESCO-a iz 2003. godine prema kojima je na 42. mjestu u svijetu, odnosno 5. u Europi po dostupnosti i bogatstvu vodnih resursa

To što imamo vodu, uvjetno rečeno, u izobilju, ne znači da ju ne moramo štititi, kako bi u skladu s načelima održivog razvoja ostala dostupna i budućim generacijama. Zaštita voda općenito u Republici Hrvatskoj definirana je Zakonom o vodama (NN 153/2009) na kojega se nastavlja niz pravilnika koji detaljnije opisuju pojedine aspekte zaštite, a jedan od njih je i Pravilnik o uvjetima za utvrđivanje zona sanitarne zaštite izvorišta (NN 66/2011, 47/2013) kojim je detaljno propisana zaštita priljevnog područja i samog zahvata površinske i podzemne vode za piće.

Prema navedenom Pravilniku definiraju se zone sanitarne zaštite za izvorišta koja su u vodoopskrbnom sustavu, a jedno od njih je i izvorište Belski dol. Ono se nalazi na obroncima Ivanščice, a administrativno pripada Varaždinskoj i Krapinsko – zagorskoj županiji. Vodonosni sustav je izgrađen uglavnom od dolomita te prevladava pukotinska poroznost. Sastoji se od dva izvora; Gornjeg i Donjeg, a ukupna iskorištena izdašnost im je 63 l/s te se koriste za vodoopskrbu okolnih naselja. Elaboratom iz 2008. godine utvrđene su zone sanitarne zaštite izvorišta (RGN 2008), a u Elaboratu iz 2018. godine (GFV 2018) analizirane su pasivne i aktivne mjere zaštite izvorišta Belski dol.

Zbog veličine sliva tog izvorišta priljevno područje je podijeljeno u tri zone sanitarne zaštite, dok se prva dijeli na I.A i I.B zonu radi specifičnosti položaja samog izvorišta. Glavne prijetnje kvaliteti podzemne vode izvorišta Belski dol su kućanstva bez izgrađenog kanalizacijskog sustava, promet, poljoprivredna i stočarska proizvodnja, divlja odlagališta otpada te manje turističke aktivnosti.

## 2. ZAŠTITA PUKOTINSKIH VODONOSNIKA

### 2.1. OSNOVNE ZNAČAJKE PUKOTINSKIH VODONOSNIKA

U svijetu su generalno prisutna tri tipa vodonosnih sustava s pojavama podzemne vode. To su intergranularni, pukotinski i pukotinsko kavernozi (krški) vodonosnici. Količina vode u stijenama ovisi o njihovoj poroznosti, odnosno slobodnom prostoru između krutih čestica koje u određenim okolnostima može zauzeti tekućina.

U vodonosnicima se uobičajeno razlikuje primarna, sekundarna i tercijarna poroznost. Primarna (međuzrnska) poroznost stijene nastaje u vremenu stvaranja, konsolidiranja ili metamorfoze stijena. Sekundarna nastaje kao posljedica djelovanja tektonskih sila na već formiranu stijenu te se još naziva i pukotinska. U hidrogeološkom smislu se pod sekundarnom poroznošću smatra ona koja je nastala razlomljivanjem stijenske mase. Tercijarna poroznost nastaje dodatnim otapanjem u stijeni u kojoj je uobičajeno već formirana sekundarna poroznost, a naziva se još i disolucijska i/ili kavernoza poroznost. Kada djelovanje podzemne vode već formirane pukotine i dalje otapa te se razvijaju kaverne ili podzemni kanali tada je riječ o tercijarnoj poroznosti (Bačani, 2006).

Pukotinski vodonosnici razvijeni su uglavnom u karbonatnim stijenama sekundarne poroznosti. Otpor tečenju kroz stijene s pukotinskom poroznošću u pravilu je znatno manji od onoga kod međuzrnskih vodonosnika te samim time imaju veću hidrauličku vodljivost. Louis (1979) navodi primjer za vapnence pri čemu je vrijednost koeficijenta hidrauličke vodljivosti uvjetovane primarnom poroznosti  $K_i = 10^{-13}$  cm/s, dok je vrijednost koeficijenta hidrauličke vodljivosti uvjetovan sekundarnom (pukotinskom) poroznosti  $K_f = 1,6 \cdot 10^{-3}$  cm/s kada je širina pukotine 0,1 mm, a one se međusobno nalaze na razmaku od 0,5 m (Mayer 1993). Iz navedenog proizlazi činjenica da je brzina toka vode u pukotinskim vodonosnicima veća od one u međuzrnskim.

Topljive stijene s izuzetno velikom primarnom poroznošću obično imaju slabo razvijen krš, dok one sa zanemarivom primarnom poroznošću, a velikom sekundarnom, predstavljaju primjer pravog krša. Karbonatne stijene su one koje u svom sastavu imaju više od 50 % karbonatnih minerala. Dije se na vapnence i dolomite. Njihova akumulacija uvelike ovisi o organskoj aktivnosti i skloniji su promjenama nakon

taloženja, za razliku od ostalih sedimenata što i omogućuje razvoj sekundarne poroznosti te postaju pukotinski vodonosnici (Ford i Williams 2007).

Zbog veće prirodne ranjivosti pukotinski i krški vodonosnici zahtijevaju strožu zaštitu od intergranularnih kako bi se očuvala kvaliteta podzemne vode. Prirodna ranjivost odnosi se na osjetljivost pojedinih vodonosnih sustava na antropogene utjecaje s površine terena. Uzima u obzir geološka, hidrološka i hidrogeološka obilježja promatranog područja na temelju kojih je prirodni sustav više ili manje sklon samo zaštiti tj. očuvanju kvalitete vode od antropogenih utjecaja to jest od različitih onečišćivala. S obzirom na tanje pokrovne naslage i brži tok podzemne vode pukotinski vodonosnici ranjiviji su od intergranularnih. Kako bi se evaluirao stupanj ranjivosti vodonosnih sustava tj. osjetljivost dijelova sustava na onečišćenje izrađuju se karte prirodne ranjivosti iz koji se može vidjeti koja su područja ranjivija odnosno manje ranjiva. Takve karte trebaju biti uzete u obzir kod planiranja korištenja prostora i predstavljaju temelj za određivanje zona sanitarne zaštite izvorišta (Goldscheider i sur. 2000).

## 2.2. OSNOVNE PRETPOSTAVKE I OSNOVNA NAČELA ZAŠTITE PODZEMNIH VODA

Više od 70 % površine Zemlje prekriveno je vodom. Od toga 97 % otpada na slanu vodu, 2 % zarobljeno je u ledenjacima, a manje od 1 % je voda dostupna za ljudsku potrošnju. Od tih 1 % ljudima dostupne vode za korištenje, 5 % otpada na površinsku vodu, dok se ostatak nalazi u podzemlju (Shiklomanov, 1993).

Iz navedenog, ne čudi činjenica da u većini država svijeta podzemna voda predstavlja glavni izvor vode za piće. U Republici Hrvatskoj 90 % vodoopskrbe temelji se na zahvaćanju podzemne vode (Hrvatske vode 2009). Iz navedenih podataka jasno je da se podzemna voda mora očuvati, kako na globalnoj, tako i na državnim razinama. Glavne prijetnje narušavanju kvalitete podzemnih voda su podzemni spremnici goriva, ne adekvatni kanalizacijski sustavi, poljoprivredne i industrijske aktivnosti. Još jedna prijetnja prisutna je u prekomjernom crpljenju podzemne vode čime se narušava njeno količinsko stanje, a što za posljedicu može imati i slijeganje terena te urušavanje postojećih objekata na istom.

Ključ za zaštitu kvalitete podzemnih voda je u suradnji između relevantnih institucija te u integriranom, holističkom i održivom pristupu.

### 2.2.1. Karakterizacija resursa podzemne vode i monitoring

Kada se shvati veza između podzemne vode i površinskih vodnih resursa te njihovo međudjelovanje, tada raste i mogućnost razumijevanja na koji način ljudske aktivnosti utječu na kvalitetu podzemne vode. To razumijevanje se može postići dugogodišnjim monitoringom to jest prikupljanjem kvalitativnih i kvantitativnih podataka, analizama, istraživanjima, razmjenom podataka i praćenjem trendova.

Važno je shvatiti da su površinska i podzemna voda u većini slučajeva hidraulički povezane te ono što se događa u jednom dijelu sustava utječe na drugi i obrnuto. Ta nepobitna činjenica još se uvijek ignorira u politici upravljanja vodama.

Upravljanje podzemnim vodama trebalo bi biti bazirano na vodonosniku, no njega treba shvatiti kao dio cjeline slivnog područja jer se jedino na taj način može dobiti cjelovita slika učinaka ili potencijalnih učinaka izvora onečišćenja na podzemnu vodu.

### 2.2.2. Zaštita izvorišta i resursa

Zaštita izvorišta i resursa od izuzetne je važnosti za očuvanje kvalitete podzemnih voda. Potrebno je posvetiti pažnju identificiranju potencijalnih izvora onečišćenja, u suprotnome će cijena vode za piće postati viša no ikad jer će uključivati potrebu za složenijom obradom sirove vode, njenu remedijaciju, pronalazak alternativnih izvora te flaširanje vode za piće. Degradacija kvalitete podzemne vode može biti rezultat nekog brzog, slučajnog događaja, primjerice neke od ekoloških katastrofa, ili može biti posljedica kontinuiranog procjeđivanja onečišćujućih tvari u okoliš to jest u podzemlje. Zaštita resursa, stoga je jednostavnija, jeftinija i dugoročno isplativija.

Prema procjeni Agencije za zaštitu okoliša Sjedinjenih Američkih Država (*USEPA, 2005*) glavni krivac za onečišćenje podzemnih voda su disperzni izvori onečišćenja koji kontinuirano prodiru do podzemne vode noseći sa sobom čestice onečišćivala s površine do podzemnih voda.

Razumijevanje hidrogeologije podzemnih voda unutar slivnog područja predstavlja bazu za vrednovanje ranjivosti i održivosti promatranog sustava i definiranje zaštite i očuvanja istog.

### 2.2.3. Prostorno planiranje

Namjena prostora bitan je faktor u očuvanju kvalitete podzemne vode jer ono što se nalazi na površini terena brže ili sporije dopijeva do podzemnih vodonosnih sustava. Svaki puta kad se prostor prenamijeni, mijenja se i hidrološka slika područja. Prometnice, trgovački centri, poljoprivredne površine, urbana naselja, industrijske zone, odlagališta otpada, kanalizacijski sustavi, golf tereni i ostale namjene prostora mogu direktno ili indirektno utjecati na kvalitetu i kvantitetu podzemne vode.

Planiranje korištenja prostora mora obuhvatiti faktore kao što su lokacija, kvaliteta, ranjivost i način prihranjivanja vodonosnika. Kako bi sustav zaštite bio istinski učinkovit, navedeni faktori moraju biti uzeti u obzir prilikom izrade prostornih planova te javno dostupni, odnosno temeljna baza za donositelje odluka prilikom odlučivanja o korištenju prostora (GWPC 2007).

## 2.3. ZAŠTITA PUKOTINSKIH VODONOSNIKA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Hrvatska ima dugu tradiciju zaštite vodnih resursa. Prvi Pravilnik o zaštitnim mjerama i uvjetima za određivanje zona sanitarne zaštite izvorišta vode za piće donesen je 1986. godine u bivšoj državi (NN 28/1986) i bio je na snazi u Hrvatskoj sve do 2002. godine. Gotovo je cijeli taj pravilnik bio usmjeren na zaštitu međuzrnskih vodonosnika, dok su krški vodonosnici spomenuti kao područja specifičnih značajki za koja je nemoguće standardizirati mjere i postupke određivanja zona sanitarne zaštite izvorišta. Sljedeći Pravilnik o uvjetima za utvrđivanje zona sanitarne zaštite izvorišta donesen je 2002. godine te je po prvi puta obuhvatio i zaštitu izvorišta vode za piće krškog dijela Hrvatske, odnosno područje Dinarida (NN 55/2002). Trenutačno važeći Pravilnik o uvjetima za određivanje zona sanitarne zaštite izvorišta donesen je 2011. godine te njime nije generalno mijenjan sustav određivanja zona i mjera zaštite (NN 66/2011, 47/2013), ali je povećana mogućnost aktivnog odnosa prema zaštiti kroz različita tehnička rješenja za svaki pojedini objekt (Biondić, B. i Biondić, R. 2014).

Pravilnikom se propisuju uvjeti za utvrđivanje zona sanitarne zaštite izvorišta koja se koriste za javnu vodoopskrbu, mjere i ograničenja koja se u njima provode te rokovi i postupak donošenja odluka o zaštiti izvorišta. Odredbe tog Pravilnika ne odnose se na izvorišta za koje se dodjeljuje koncesija za gospodarsko korištenje voda te za izvorišta koja se ne koriste te nisu u planu kao pričuvena izvorišta za javnu vodoopskrbu.

Zone sanitarne zaštite mogu se donijeti nakon što su provedeni vodoistražni radovi te nakon izrade nacrt elaborata zona sanitarne zaštite koji se prosljeđuje Hrvatskim vodama na pregled i koje za njega moraju dati obvezujuće mišljenje. Vodoistražni radovi uključuju geološka, hidrogeološka, hidrološka, hidrogeokemijska i kemijska istraživanja, a odnose se na određivanje sljedećih značajki:

- geološke značajke i hidrogeološki odnosi priljevnog područja,
- hidrološke značajke priljevnog područja,
- veličina, granice i izdašnost vodonosnika,
- tip vodonosnika s obzirom na poroznost (međuzrnska, pukotinska i pukotinsko – kavernoza),
- debljina i propusnost pokrovnih naslaga vodonosnika,
- način napajanja vodonosnika,
- način dotoka vode u akumulaciju ili jezero,
- brzina toka podzemne vode prema izvorištu,
- purifikacijski kapacitet pokrovnih naslaga i vodonosnika,
- kakvoća vode i
- analiza prirodnog sustava i ukupnog utjecaja ljudske aktivnosti.

Ako Hrvatske vode ocijene da su postojeći vodoistražni radovi dostatni za izradu elaborata zona sanitarne zaštite iskazuju to u obvezujućem mišljenju, na temelju kojeg se može izraditi konačni tekst elaborata zona sanitarne zaštite. Ako ocijene da su potrebni dodatni vodoistražni radovi, oni se moraju provesti te se na temelju njihovih rezultata izrađuje novi nacrt elaborata i ponovo šalje na obvezujuće mišljenje Hrvatskih voda sve do trenutka kada nije ocijenjen pozitivno na temelju čega se onda izrađuje konačan tekst istog.

Zone sanitarne zaštite izvorišta sa zahvaćanjem voda iz vodonosnika s pukotinskom i pukotinsko - kavernoznom poroznosti određuju se radi smanjenja rizika od njihovog onečišćenja te uključuju četiri zone:

- zona ograničenja – IV. zona,
- zona ograničenja i nadzora – III. zona,
- zona strogog ograničenja i nadzora – II. zona i
- zona strogog režima zaštite i nadzora – I. zona.

II., III. i IV. zona određuju se na temelju prividne brzine toka podzemne vode to jest prema vremenu koje je podzemnoj vodi potrebno da stigne do vodozahvata, dok se I. zona određuje radi fizičke zaštite građevina i uređaja za zahvaćanje vode. I. zona obuhvaća neposredno naplavno područje zahvata vode, izvor vodonosnika s pukotinskom i pukotinsko-kavernoznom poroznosti, kaptažu, crpne stanice, uređaje za kondicioniranje vode te građevine za čuvanje mjesta umjetnog napajanja vodonosnika s pukotinskom poroznosti, bez obzira na udaljenost od zahvata vode. U tablici 1. prikazani su kriteriji za određivanje zona sanitarne zaštite prema aktualnom Pravilniku.

Tablica 1. Kriteriji za određivanje zona sanitarne zaštite

Zona sanitarne zaštite	Opis zone	Kriteriji za određivanje veličine zone	
<b>I.A zona</b>	Zona strogog režima zaštite i nadzora	Neposredno naplavno područje – mora biti ograđeno	
<b>I.B zona</b>		Izdvojava se ako se radi o velikim naplavnih površina na strmom i nepristupačnom terenu	
<b>II. zona</b>	Zona strogog ograničenja i nadzora	< 24 sata	> 3 cm/s
<b>III. zona</b>	Zona ograničenja i nadzora	1-10 dana	1-3 cm/s
<b>IV. zona</b>	Zona ograničenja	za izvorišta < 20 l/s (10-20 dana) za izvorišta 20-100 l/s (20-40 dana) za izvorišta >100 l/s (40-50 dana)	< 1 cm/s
<b>Vodoopskrbni rezervat</b>	Planinska područja, posebne mjere pasivne zaštite kao za IV., III. ili II. zonu		

U svakoj od navedenih zona provode se pasivne i aktivne mjere zaštite. Pasivne mjere zaštite obuhvaćaju zabrane određenih aktivnosti koje se ne smiju provoditi na područjima definiranih zona (NN 66/2011, 47/2013).

Zabranjene aktivnosti u četvrtoj zoni sanitarne zaštite su:

- ispuštanje nepročišćenih otpadnih voda,
- građenje postrojenja za proizvodnju opasnih i onečišćujućih tvari za vode i vodni okoliš,
- građenje građevina za oporabu, obradu i odlaganje opasnog otpada,

- uskladištenje radioaktivnih i za vode i vodni okoliš opasnih i onečišćujućih tvari, izuzev uskladištenja količina lož ulja dovoljnih za potrebe domaćinstva, pogonskog goriva i maziva za poljoprivredne strojeve, ako su provedene propisane sigurnosne mjere za građenje, dovoz, punjenje, uskladištenje i uporabu,
- građenje benzinskih postaja bez zaštitnih građevina za spremnike naftnih derivata (tankvana),
- izvođenje istražnih i eksploatacijskih bušotina za naftu, zemni plin kao i izrada podzemnih spremišta,
- skidanje pokrovnog sloja zemlje osim na mjestima izgradnje građevina koje je dopušteno graditi prema odredbama ovoga Pravilnika,
- građenje prometnica, parkirališta i aerodroma bez građevina odvodnje, uređaja za prikupljanje ulja i masti i odgovarajućeg sustava pročišćavanja oborinskih onečišćenih voda i
- upotreba praškastih (u rinfuzi) eksploziva kod miniranja većeg opsega.

U trećoj zoni sanitarne zaštite ne smiju se provoditi aktivnosti koje su zabranjene u četvrtoj zoni, a uz njih zabranjeno je i:

- skladištenje i odlaganje otpada, gradnja odlagališta otpada osim sanacija postojećeg u cilju njegovog zatvaranja, građevina za zbrinjavanje otpada uključujući spalionice otpada te postrojenja za obradu, uporabu i zbrinjavanje opasnog otpada
- građenje cjevovoda za transport tekućina koje mogu izazvati onečišćenje voda bez propisane zaštite voda,
- izgradnja benzinskih postaja bez spremnika s dvostrukom stjenkom, uređajem za automatsko detektiranje i dojavu propuštanja te zaštitnom građevinom (tankvanom),
- podzemna i površinska eksploatacija mineralnih sirovina osim geotermalnih voda i mineralnih voda.

U drugoj zoni sanitarne zaštite zabranjene su sve aktivnosti iz treće i četvrte zone, a uz njih i sljedeće:

- poljoprivredna proizvodnja, osim ekološke proizvodnje uz primjenu dozvoljenih gnojiva i sredstava za zaštitu bilja prema posebnom propisu,



- stočarska proizvodnja, osim poljoprivrednog gospodarstva odnosno farme do 20 uvjetnih grla uz provedbu mjera zaštite voda propisanih odgovarajućim programom zaštite voda od onečišćenja uzrokovanog nitratima poljoprivrednog podrijetla i načela dobre poljoprivredne prakse,
- gradnja groblja i proširenje postojećih,
- ispuštanje pročišćenih i nepročišćenih otpadnih voda s prometnica,
- građenje svih industrijskih postrojenja koje onečišćuju vode i vodni okoliš,
- građenje drugih građevina koje mogu ugroziti kakvoću podzemne vode,
- sječa šume osim sanitarne sječe,
- skladištenje i odlaganje otpada, gradnja odlagališta otpada, osim sanacija postojećih u cilju njihovog zatvaranja, građevina za zbrinjavanje otpada uključujući spalionice otpada, regionalnih i županijskih centara za gospodarenje otpadom, reciklažnih dvorišta i pretovarnih stanica za otpad ako nije planirana provedba mjera zaštite voda te postrojenja za obradu, uporabu i zbrinjavanje opasnog otpada.

### 3. IZVORIŠTE BELSKI DOL

#### 3.1. OSNOVNE ZNAČAJKE IZVORIŠTA BELSKI DOL

Izvorište Belski dol nalazi se na sjevernoj strani istočnog dijela grebena Ivanščice, u sjeveroistočnom dijelu Hrvatskog zagorja. Smješteno je južno od naselja Bela od kojeg je udaljeno 750 m, a rasprostire se na području gradova Ivanec i Novi Marof u Varaždinskoj županiji te općine Budinščina u Krapinsko – zagorskoj županiji. Izvorište je prirodno omeđeno s više geografskih cjelina. Na zapadu ga omeđuju sjeverni obronci planine Ivanščica, na sjeveru dolina rijeke Bednje, a na jugozapadu dolina vodotoka Lonje. Prirodni položaj izvorišta Belski dol unutar Varaždinske županije prikazan je na slici 1.



Slika 1. Položaj izvorišta Belski dol (RGN, 2008)

Slivno područje navedenog izvorišta dio je brdskog masiva Ivanščice, a pripada slivu rijeke Bednje (slika 2).



Slika 2. Položaj izvorišta Belski dol unutar slivnih područja Varaždinske županije (Prostorni plan Varaždinske županije 2000)

Reljef područja izvorišta je vrlo raznolik, brdsko – nizinski. Ivanščica je nastavak Kamničkih Alpa s karakterističnim predgorskim stepenicama koje su nastale kao posljedica velikog broja rasjeda uvjetovanih neotektonskom aktivnošću. Pravac pružanja planine Ivanščica (sjeverozapad – jugoistok) poklapa se sa smjerom pružanja Jadranskog mora i pravcem pružanja Dinarida. Najviši vrhovi su: Ham (679 m n. m.), Rudski Gobec (596 m n. m.) te Pšenac (554 m n. m.).

Izvorište Belski dol smješteno je u istoimenoj dolini, a prostire se uz Belski potok te cestu Podrute – Bela. Pružanje potoka i ceste je usporedno pružanju doline, u smjeru sjeveroistok – jugozapad. Izvorište Belski dol sastoji se od dva izvora, „Gornjeg“ i „Donjeg“. „Gornji“ izvor nalazi se na višoj hipsometrijskoj visini (230 m n. m.), na južnoj strani promatranog područja, a „donji“ sjevernije prema naselju Bela na nadmorskoj visini od 220 m (slika 3 i slika 4). Izvori su uključeni u javnu vodoopskrbu; 1972. godine „Gornji“ te 1992. godine „Donji“.



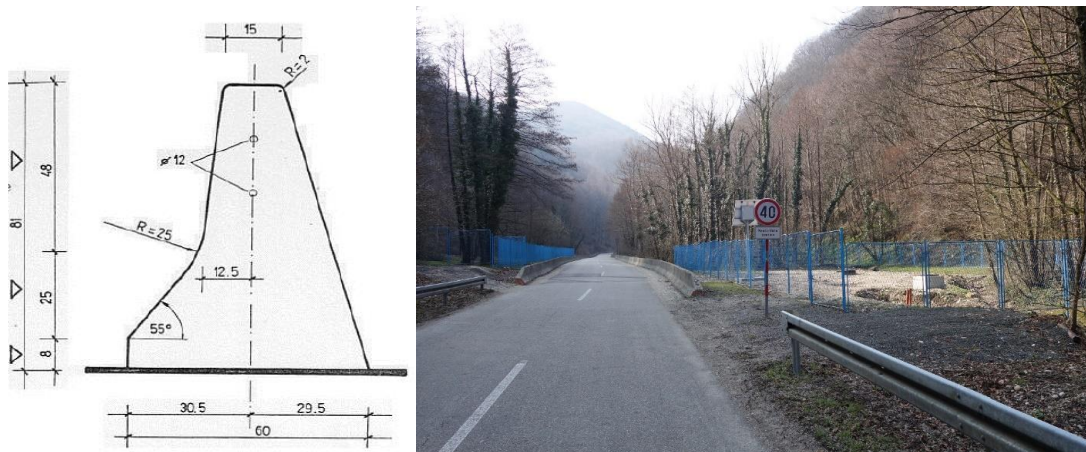
Slika 3 i 4. Vodozahvat „gornjeg“ izvora



Vodozahvat „donjeg“ izvora

Kaptaže izvora nalaze se uz cestu, međusobno su udaljene oko 350 metara, a visinska razlika između njih je oko 10 metara. Kaptaža „gornjeg“ izvora smještena je s lijeve strane ceste, u smjeru naselja Bela, dok je kaptaža „donjeg“ izvora s desne strane ceste. „gornju“ kaptažu od ceste odvaja Belski potok, a „donju“ oborinski kanal. Sustav prikupljanja podzemne vode je gravitacijski, drenažnim cijevima na lokacijama izvora. Sakupljena voda dalje se provodi cjevovodom preko prekidnih komora i pjeskolova do zajedničke sabirne građevine. Nadalje, od sabirne građevine voda se gravitacijski cjevovodom provodi do crpne stanice Filipić. Ukupna izdašnost „gornjeg“ izvora je 43 l/s, od čega se koristi 28 l/s (RGN 2008).

Višak podzemne vode na „gornjem“ izvoru preljeva se preko uređenog preljeva na kojem je bočno ugrađena cijev za uzimanje podzemne vode koju koriste izletnici. S „donjeg“ izvora se koristi 35 l/s vode. Između ceste i vodozahvata izveden je otvoreni kanal za prihvatanje oborinskih voda koji je obložen betonskim pločama međusobno spojenim bitumenom. Time je spriječen eventualni prodor onečišćene oborinske vode s površine prometnice u aluvijalni nanos vodozahvata. Isto tehničko rješenje izvedeno je za oborinske vode koje se sakupljaju uz obod napuštenog kamenoloma u tom području. Sakupljene oborinske vode propustom se provode ispod ceste Podrute – Bela u Belski potok. Duž ceste je postavljena betonska ograda od betonskih blokova (slika 5 i slika 6), koja ima zaštitnu funkciju od utjecaja prometa i mogućih prometnih nesreća na kvalitetu vode izvorišta (Grđan i Strelec 1993).



Slika 5. i 6. Betonski blokovi (Grđan i Strelec 1993) ograde uz cestu (lijevo) i zaštitne betonska ograda duž cestu uz izvorišta (desno)

### 3.2. HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE IZVORIŠTA BELSKI DOL

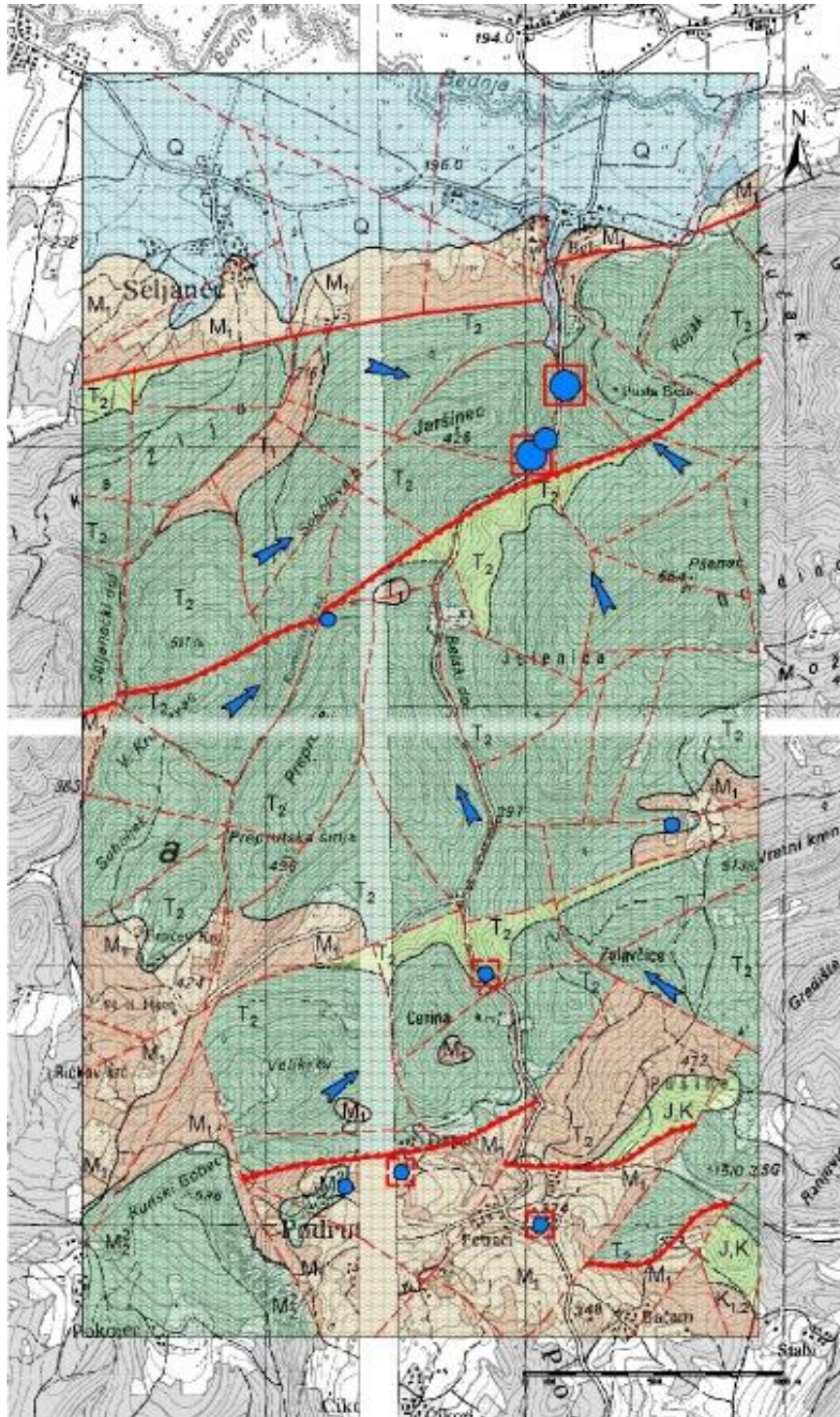
Na području Belskog dola izdvojene su 4 hidrogeološke skupine stijena prema litološkom sastavu, tektonskim deformacijama, morfološkim i vodnim pojavama (RGN 2008), što je prikazano na hidrogeološkoj skici (slika 7).

Navedene 4 grupe stijena su:

- propusne karbonatne stijene: dolomiti, dolomitični vapnenci i vapnenci,
- slabo propusne karbonatne stijene: silificirani dolomiti, vapnenci s rožnjacima, tanko uslojeni vapnenci, rožnjaci u izmjeni s pješčenjacima i šejlovima,
- nepropusne klastične stijene: pješčenjaci, šejlovi, lapori, konglomerati, pijesci i gline, podređeno vapnenci i dolomiti,
- naslage promjenjive međuzrnske propusnosti; kvartarne naslage.

Najveći dio površine Belskog dola zauzimaju propusne karbonatne stijene (dolomiti, dolomitični vapnenci i vapnenci). Na tom prostoru izdvojeni su dolomiti i dolomitični vapnenci iz vremena anizika te vapnenci badenske starosti. Te stijene izgrađuju brdo Rudski gobec (596 m n. m.) te prostor južno i jugozapadno od njega. Ove naslage karakterizira sekundarna pukotinska poroznost. Posljedica je tektonike, a pukotine su zapunjene dolomitnim pijeskom i glinovitim materijalom. Dolomiti su otporniji na disolucijsko djelovanje vode i procese okršavanja te na ovom području nisu u velikoj mjeri prisutni tipični krški oblici.





Slika 7. Hidrogeološka karta područja Belski dol (RGN 2008)

Usprkos tome, površinski tokovi su uglavnom povremeni. Jedini stalni površinski tok je Belski potok, desni pritok rijeke Bednje. „Gornji“ i „donji“ izvor najznačajniji su stalni izvori područja Belski dol, dok se povremeno pojavljuju izvori manje izdašnosti koji su vezani uz jače rasjedne zone te u sušnom periodu godine presušuju ili se gube u aluvijalnom nanosu Belskog potoka. Navedeni izvori nisu u punom smislu riječi krški, iako se pojavljuju u karbonatima. Za razliku od tipičnih krških, ovi izvori imaju puno

manje oscilacije u izdašnosti te sporiju reakciju na trenutne hidrološke prilike u smislu zamućivanja, jer je voda koja istječe na izvorima u vrijeme velikih oborina potpuno bistra, iako je Belski potok zamućen (slika 8).



Slika 8. Zamućeni Belski potok u vrijeme većih oborina, uz bistri izvor - lijevo (RGN 2008), desno 2018.

Što se tiče ostalih stijena s pukotinskom poroznošću na ovom području, one zauzimaju manji teritorij te su uglavnom jursko – kredne i donjomiocenske starosti. Karakterizira ih manja vodopropusnost jer su pukotine na tom području uglavnom ispunjene produktom trošenja matične karbonatne ili klastične stijene. Padaline koje padnu na to područje u velikoj se mjeri dreniraju površinski, a površinski vodotoci povremeni su i aktivni uglavnom za vrijeme jačih oborina s obzirom na nedostatak jakih izvora. Izvori su male izdašnosti i gotovo uvijek presušuju u sušnom dijelu godine.

Na dijelu područja prisutne su i stijene s međuzrnskom poroznošću, kvartarne starosti. Njihova vodopropusnost ovisi o udjelu glinovite komponente. Uglavnom se nalaze uz stalne vodotoke te nemaju značajniji utjecaj na kretanje podzemnih voda. Kaptaze izvorišta Belski dol izvedene su upravo u ovakvim naslagama, no one nisu primarni vodonosnik podzemne vode. Primarni vodonosnik izgrađen je od dolomita, ali je prekriven mlađim kvartarnim naslagama u kojima se pojavljuju kaptirani i nekaptirani izvori.

### 3.3. HIDROLOŠKE ZNAČAJKE IZVORIŠTA BELSKI DOL

Prisutna klimatska obilježja područja Belski dol rezultat su: geografske širine, geografskog položaja, nadmorske visine, nagiba, pravca pružanja i visina planinskih

strana, reljefa, cirkulacije zraka, vegetacije te geološkog sastava. Istražno područje ima, prema Köpenovoj klasifikaciji, umjereno toplu i vlažnu klimu kontinentalnih obilježja (RGN 2008). Ovu klimu karakteriziraju umjereno topla, kišovita ljeta i relativno blage zime. Godišnja doba dobro su razvijena i izražena te se njihovom izmjenom omogućuje povoljan vremenski raspored temperatura, oborina, insolacije i vjetrova.

Prosječna godišnja temperatura zraka iznosi 11°C, a postoje velike temperaturne amplitude između ljetnog i zimskog perioda. Zimi je česta pojava temperaturne inverzije kao posljedica slabe vjetrovitosti u konkavnim reljefnim oblicima gdje se akumulira hladni zrak te se dugo zadržava u prizemnom sloju. Srednje godišnje količine oborina u rasponu su od 700 do 1000 mm. Oborine su relativno ravnomjerno raspoređene tijekom godine pa nema izrazito sušnih razdoblja. Oborine uglavnom donose zapadni vjetrovi te opadaju od zapada prema istoku. Glavnina oborina prisutna je u hladnijem dijelu godine te su one ciklonskog porijekla. Djelomična odstupanja u godišnjem rasporedu oborina odnose se na konvekcijske kiše koje se pojavljuju u ljetnom periodu često praćene uz grmljavinu i vjetrove (RGN 2008).

Osim kiše koja je najčešća oborina, pojavljuje se i snijeg čiji se pokrivač zadržava različito dugo na tlu. Zbog povoljnog rasporeda oborina i dostatne količine one povoljno utječu na razvoj vegetacije te je promatrano područje uglavnom prekriveno gorskom bukovom šumom. Što se tiče vjetrova prevladavaju oni iz zapadnog kvadranta, zapadni, sjeverozapadni i južni.

Na infiltraciju oborina i njihovu raspodjelu unutar hidrološkog ciklusa utječe više parametara: geografski položaj, morfologija, stupanj razlomljenosti stijenske mase, debljina površinskih naslaga, ispunjenost pukotina rastrošenim materijalom, rasprostranjenost i vrsta vegetacije, površinski tokovi, akumulacije, vjetar, evapotranspiracija te intenzitet i raspored oborina.

Hidrografska mreža je dobro razvijena, a sastoji se od vodotoka Bednje (slika 9), Lonje, Komornog jarka i drugih, ribnjaka, izvora i podzemne vode vodonosnika gorskog masiva Ivanščice. Vodotoci pripadaju slivu rijeke Drave.





Slika 9. Rijeka Bednja

Količina vode koja godišnje infiltrira u podzemlje iznosi 3.630.000 m<sup>3</sup>, odnosno infiltracija iznosi  $Q=115,1$  l/s. to su obnovljive količine podzemne vode koje saturiraju vodonosnike i izolatorske slojeve, a dijelom se dreniraju u erozijske baze slivnog prostora (RGN 2008).

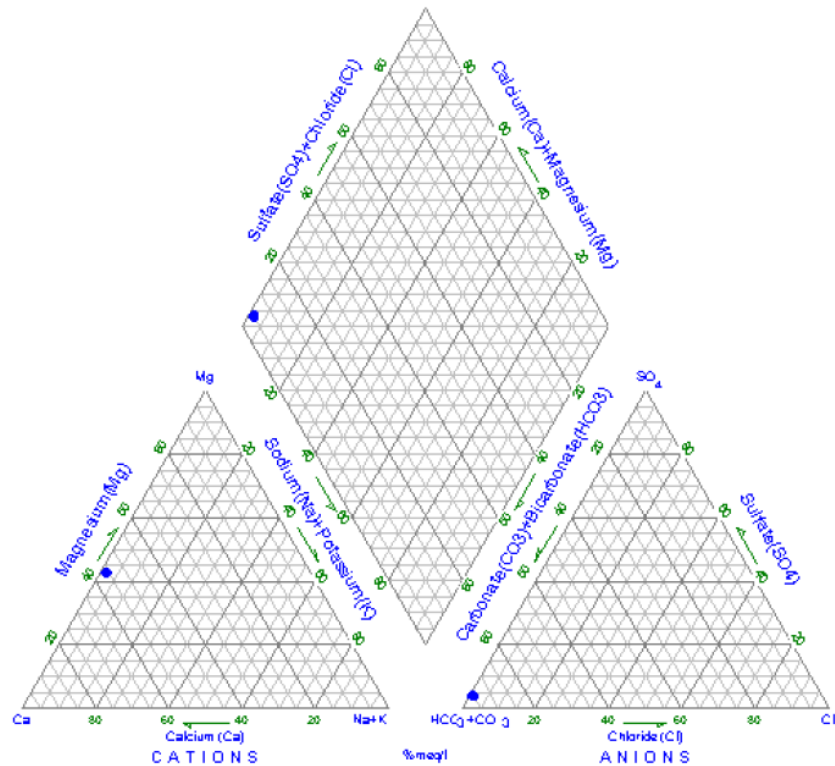
## 4. KAKVOĆA VODE

Kakvoća podzemne vode koja istječe na izvorištu Belski dol prati se preko osnovnih („A“ analiza), proširenih („B“ analiza) i periodičkih opsežnih („C“ analiza) kemijskih analiza. Analize „A“ i „B“ obavljaju se u Laboratoriju za pitke vode poduzeća Varkom iz Varaždina, a „C“ analize u ovlaštenom laboratoriju Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo. Trenutačno je važeći Pravilnik o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN 125/2017). u razdoblju od 2013. do 2017. godine na snazi je bio Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/2013, 141/2013, 128/2015), a prije njega još stariji Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/2008). Zajedničko svim pravilnicima je to da definiraju maksimalno dopuštene koncentracije (MDK vrijednosti) pojedinih parametara u vodi za piće.

### 4.1. HIDROGEOKEMIJSKI POKAZATELJI I POKAZATELJI ANTROPOGENOG UTJECAJA U PERIODU OD 1990. DO 2007.

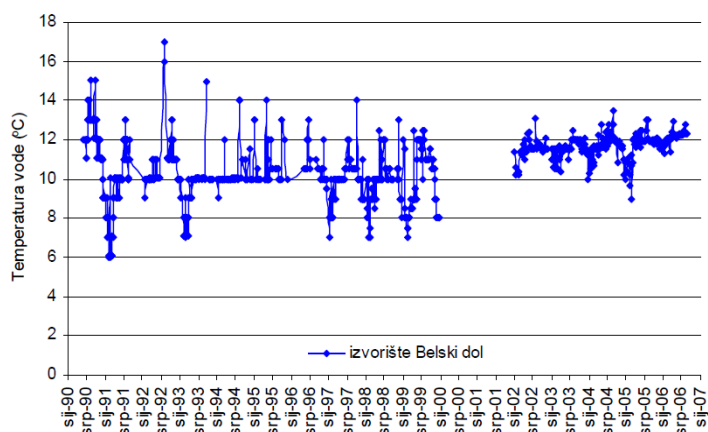
U Elaboratu o zaštitnim zonama izvorišta Belski dol (RGN, 2008) analizirani su parametri kakvoće vode u periodu od 1990. do 2007. godine prema Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/2008). Analizirani su fizikalni, kemijski, fizikalno – kemijski te mikrobiološki parametri i parametri koji se odnose na koncentracije policikličkih aromatskih ugljikovodika, žive i pesticida.

Prema hidrogeokemijskom facijesu podzemna voda na izvorištu Belski dol pripada kalcijsko – magnezijско hidrokarbonatnom tipu vode što je prikazano na Piperovom dijagramu na slici 10.



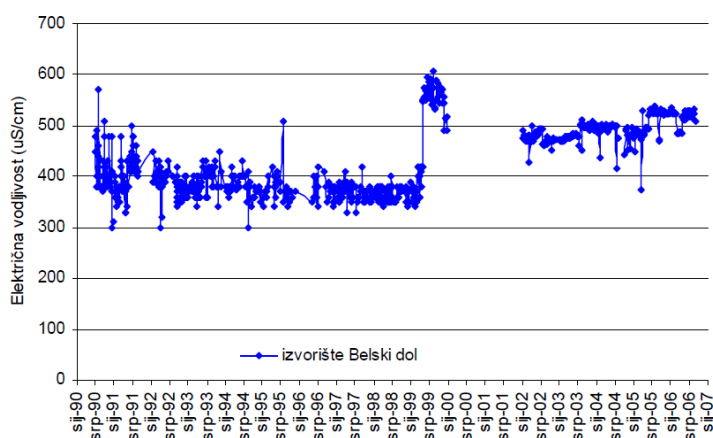
Slika 10. Osnovni ionski sastav podzemne vode izvorišta Belski dol (RGN 2008)

Promatrajući fizikalna svojstva podzemne vode, može se zaključiti da voda izvorišta Belski dol ima dobra organoleptička svojstva, neovisna o hidrološkim uvjetima. Bistra je, bez boje, mirisa, okusa i vidljive otpadne tvari. Mutnoća vode je vrlo mala i varira u rasponu od 0,0 do 1,0 °NTU te i nakon velikih kiša zadovoljava kriterije za vodu za piće i nikada ne prelazi maksimalno dozvoljenu koncentraciju suspendirane tvari u vodi koja iznosi 4 °NTU. Temperatura podzemne vode na izvorištu Belski dol u spomenutom razdoblju varira između 6 °C i 17 °C te odražava srednje godišnje temperature zraka područja napajanja. Temperatura vode pod utjecajem je sezonskih temperaturnih oscilacija zbog brze vertikalne i lateralne izmjene (slika 11).



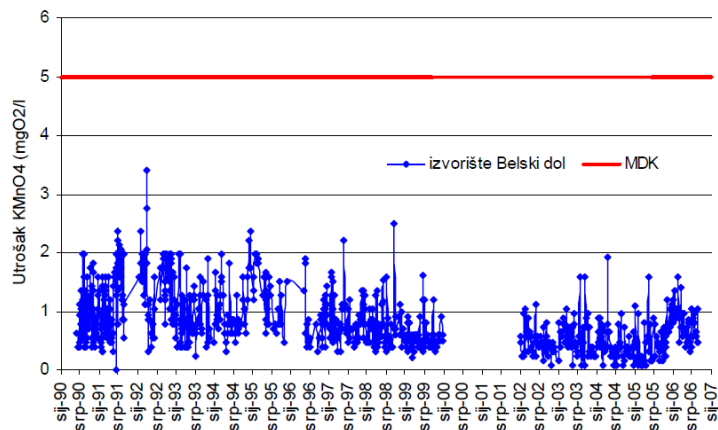
Slika 11. Temperatura podzemne vode izvorišta Belski dol (1990.-2007. g.)

Prema vrijednosti koncentracije vodikovih iona (pH) voda na izvorištu Belski dol je slabo kisela do slabo alkalna jer je pH u rasponu od 6,8 do 7,8 što je odraz sredine izgrađene uglavnom od karbonatnih naslaga gdje se doprinos kiselosti iz tla i zone trošenja brzo neutralizira. Elektrolitička vodljivost, koja je odraz ukupno otopljene tvari u vodi, na ovom izvorištu kreće se u rasponu od 350 do 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , a posebno odskače u razdoblju tijekom 1999. godine kada je mjerena novim konduktometrom (slika 12).



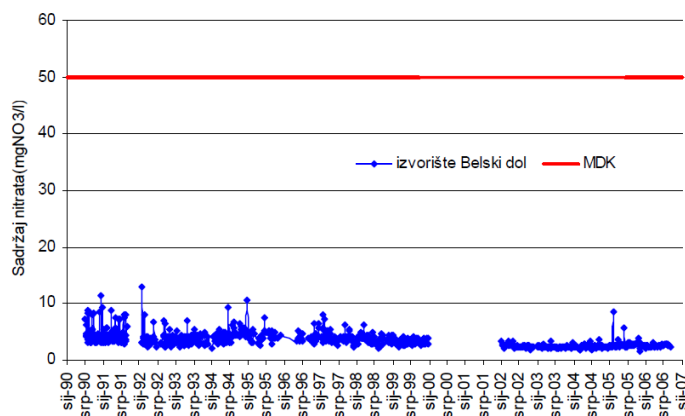
Slika 12. Elektrolitička vodljivost podzemne vode izvorišta Belski dol (1990.-2007. g.)

Na antropogeno onečišćenje podzemnih voda ukazuju kemijski pokazatelji kao što su: utrošak  $\text{KMnO}_4$ , koncentracija nitrata, fosfata, ukupnih masti i ulja, mineralnih ulja, fenola, teških metala i pesticida te mikrobiološki pokazatelji poput: broja ukupnih i fekalnih koliforma, broja aerobnih bakterija na  $37^\circ\text{C}$  i  $22^\circ\text{C}$ . Svi navedeni parametri u promatranom razdoblju ispod su maksimalno dozvoljenih koncentracija za vodu za piće. Utrošak  $\text{KMnO}_4$  kreće se u rasponu od 0,08 do 2,0  $\text{mgO}_2/\text{l}$  te nikad ne prelazi maksimalno dozvoljenu koncentraciju od 5  $\text{mgO}_2/\text{l}$  (slika 13).



Slika 13. Utrošak  $\text{KMnO}_4$  u podzemnoj vodi izvorišta Belski dol (1990. - 2007.g.)

Sadržaj hranjivih soli dušika u obliku nitrata u navedenom razdoblju varira od 2 do 5  $\text{mgNO}_3/\text{l}$ , a maksimalna izmjerena vrijednost iznosila je 13  $\text{mgNO}_3/\text{l}$ , no uvijek je znatno ispod maksimalno dozvoljene koncentracije (slika 14).



Slika 14. Koncentracije nitrata na izvorištu Belski dol (1990. - 2007.g.)

Od ostalih formi dušika na izvorištu Belski dol povremeno je uočen samo amonijev ion i to u koncentracijama do maksimalno 0,1  $\text{mg/l}$ , a nitriti nisu utvrđeni ni u jednom uzorku vode.

Što se tiče koncentracija teških metala u podzemnoj vodi ovog izvorišta češće je praćen samo sadržaj željeza i kroma, a njihove vrijednosti uvijek su bile znatno ispod maksimalno dozvoljenih.

Mikrobiološko onečišćenje podzemne vode nije zabilježeno ni u jednom uzorku te je broj ukupnih i fekalnih koliformnih bakterija, fekalnih streptokoka, sulfitoreducirajućih

klostridija, *Pseudomonas aeruginosa*, *Echerichia coli* i enterokoka bio u skladu s Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/08).

Zaključno, podzemna voda izvorišta Belski dol u periodu od 1990. do 2007. godine prema svim pokazateljima zdravstveno je ispravna za piće (RGN 2008).

#### 4.2. HIDROGEOKEMIJSKI POKAZATELJI I POKAZATELJI ANTROPOGENOG UTJECAJA U PERIODU OD 2010. DO 2017.

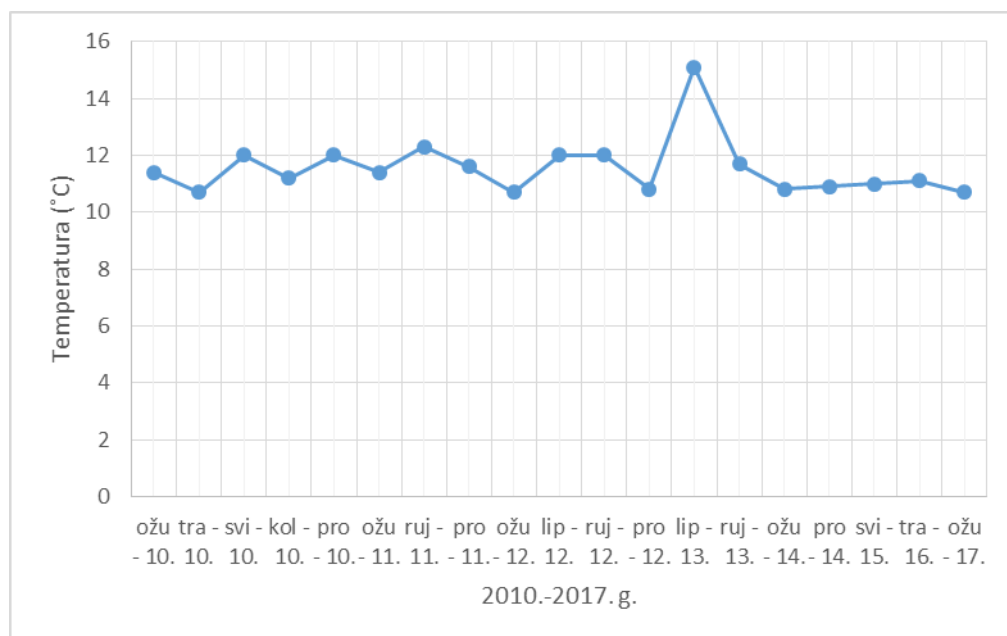
Fizikalno – kemijski pokazatelji kakvoće vode izvorišta Belski dol u periodu od 2010. do 2017. godine također su unutar dozvoljenih maksimalnih vrijednosti (Varkom, 2018) prema Pravilniku o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN 125/2017). Voda je bez okusa i mirisa, a koncentracija tvari koje vodi daju boju prema Pt/Co (platina kobalt) skali u svim uzorcima manja je od 5 mg/l. Raspon temperature u raspoloživim podacima mjerenja kreće se od 10,7 do 15,1 °C te se može primijetiti da u navedenim uzorcima temperatura vode manje varira u odnosu na prethodni vremenski period. Grafički prikaz kretanja temperature u danom vremenskom periodu prikazan je na slici 15. Elektrolitička vodljivost se kreće u rasponu od 434 do 505  $\mu\text{S}/\text{cm}$  te su također uočene manje varijacije u odnosu na razdoblje od 1990-2007. godine (slika 16).

Vrijednost pH podzemne vode izvorišta Belski dol u ovom periodu kreće se od 7,3 – 7,65 te je voda blago alkalna, a za razliku od prethodnog perioda ne pada ispod 7 što bi ukazivalo na blagu kiselost.

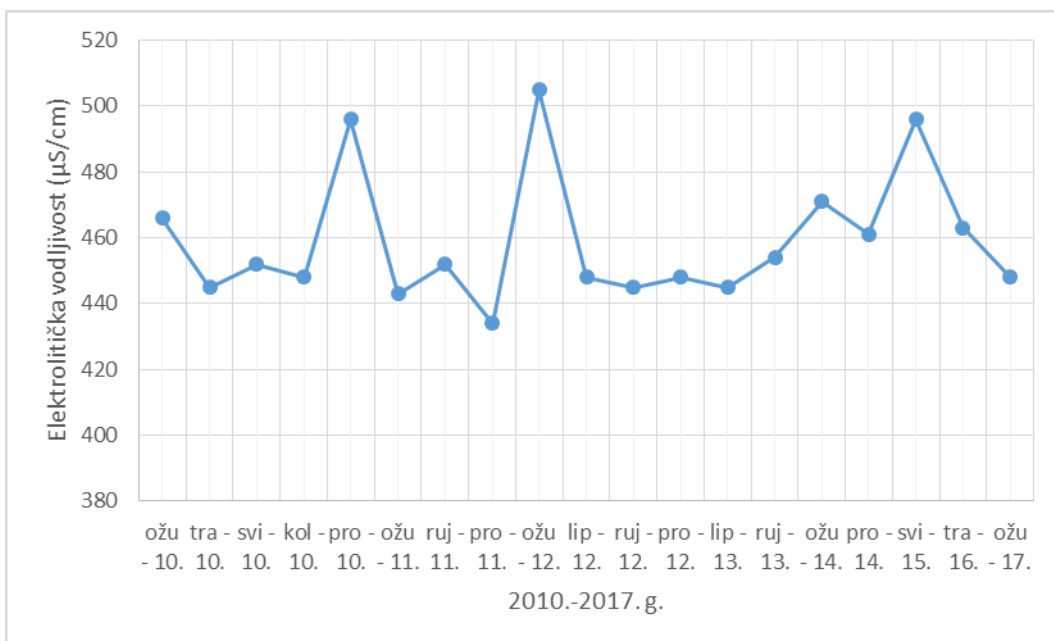
Hranjive tvari u obliku amonijevog iona i nitrata u svim uzorcima ispod su maksimalno dozvoljenih koncentracija. Koncentracija amonijevog iona gotovo u svim uzorcima manja je od 0,01  $\text{mgNH}_4^+/\text{l}$ , osim u uzorku iz 2016. godine kada je izmjerena vrijednost od 0,03  $\text{mgNH}_4^+/\text{l}$  što je i dalje daleko ispod maksimalno dozvoljene koncentracije od 0,5  $\text{mgNH}_4^+/\text{l}$ . Nitrati kao glavni pokazatelj antropogenog utjecaja na kakvoću vode u vidu ispuštanja nepročišćenih otpadnih voda u okoliš ili ispiranja poljoprivrednih površina u uzorcima vode Belski dol variraju u koncentracijama od 0,8 do 5,23  $\text{mgNO}_3^-/\text{l}$  te su znatno manji od maksimalno dozvoljene koncentracije koja iznosi 50  $\text{mgNO}_3^-/\text{l}$ .

Utrošak  $\text{KMnO}_4$  (slika 17) kao mjera prisutnosti otopljene organske tvari u vodi na izvorištu Belski dol u periodu od 2010. do 2017. varira u rasponu od 0,1 do 2,2 mg/l što je ispod maksimalno dozvoljene koncentracije, a približno isto u odnosu na prethodni vremenski period.

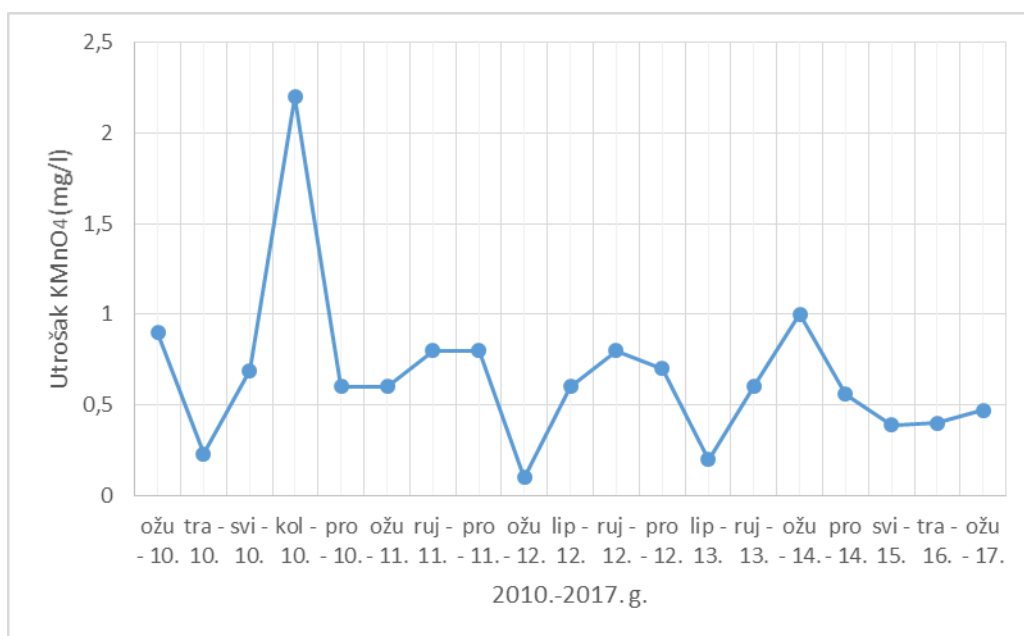
Povremeno su uzimani uzorci kod kojih je mjerena koncentracija metala (aluminij, kadmij, mangan, olovo, željezo i živa) te su sve bile ispod maksimalno dozvoljenih koncentracija za vodu za piće i to znatno. Jedini pik primjećuje se u koncentraciji olova, u uzorku iz 2015. godine gdje je ona iznosila 8  $\mu\text{g/l}$  te je bila relativno blizu maksimalne dozvoljene koncentracije od 10  $\mu\text{g/l}$ . Trend porasta koncentracije olova u narednim mjerenjima nije primijećen jer ona u uzorcima iz 2016. i 2017. godine pada ispod 3  $\mu\text{g/l}$ .



Slika 15. Temperatura izvorišta Belski dol prema podacima HZJZ i Varkoma



Slika 16. Elektrolitička vodljivost izvorišta Belski dol prema podacima HZJZ i Varkoma



Slika 17. Utrošak KMnO4 izvorišta Belski dol prema podacima HZJZ i Varkoma



## 5. ONEČIŠĆIVAČI NA PODRUČJU IZVORIŠTA BELSKI DOL

Izvori onečišćenja se prema mjestu nastanka općenito klasificiraju kao točkasti (domaćinstva, industrijska postrojenja) i raspršeni (naselja, poljoprivredne površine, promet), dok se prema vremenu nastanka mogu podijeliti na potencijalne i aktivne.

Točkasti izvori onečišćenja pojedinačni su objekti na nekom prostoru koji mogu onečistiti podzemne vode, dok se raspršenima smatraju veće površine s kojih dolazi takva opasnost. U raspršene izvore onečišćenja spadaju linijski onečišćivači kao što su primjerice prometnice te plošni kao što su poljoprivredne površine, industrijske zone i slično.

Potencijalni izvori onečišćenja emitiraju onečišćivala u izvanrednim situacijama poput havarija, kvarova ili nepažnje. U normalnim uvjetima oni nisu onečišćivači. Aktivni izvori onečišćenja su oni koji emitiraju onečišćenje u podzemlje, a dijele se na stalne i povremene. Stalni izvori onečišćenja emitiraju onečišćivalo cijelo vrijeme promatranja te na njih uglavnom ne utječu hidrološki uvjeti. Povremeni izvori onečišćenja su oni koji onečišćivalo ispuštaju samo u dijelu promatranog razdoblja te je emisija onečišćivala povezana s hidrološkim uvjetima, a njenom pojačanom intenzitetu pogoduju jake i dugotrajne oborine.

### 5.1. POTENCIJALNI ONEČIŠĆIVAČI REGISTRIRANI 2008. GODINE

U Elaboratu o zaštitnim zonama izvorišta Belski dol iz 2008. godine (RGN 2008) identificirani su mogući izvori onečišćenja koji su prikazani u tablici 2 te je navedeno u kojoj se zoni sanitarne zaštite nalaze.

Tablica 2. Mogući izvori onečišćenja unutar zona sanitarne zaštite izvorišta Belski dol

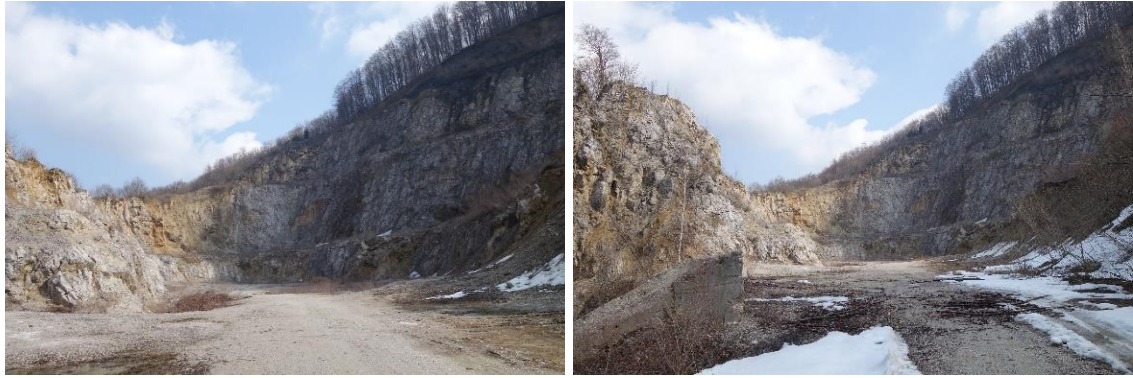
Broj	Naziv zagađivača	Djelatnost	Opis zagađivača	Zona sanitarne zaštite
1	cesta Podrute - Bela	promet	oborinske vode	IB, II i III zona
2	Napušten kamenolom «Bela»		oborinske vode	IB zona
3	Kamenolom «Belski dol»	proizvodna	otpadne vode	III zona
4	Seosko gospodarstvo	stočarstvo	otpadne vode	III zona
5	Napušten kamenolom «Podrute Gornje»		oborinske vode	III zona
6	Planinarski dom «Ham»	ugostiteljska	otpadne vode	III zona
7	«divlje» odlagalište otpada		oborinske vode	III zona
8.	Poljoprivredne površine	ratarstvo	otpadne vode	III zona

Potencijalni linijski izvor onečišćenja koji se prostire kroz sve tri zone sanitarne zaštite je cesta Podrute – Bela (slika 18). Ona većim dijelom nije uređena na način da ima izgrađeni zatvoreni sustav odvodnje oborinskih voda te je izvor onečišćenja osobito u slučaju prometnih nesreća i u zimskom periodu radi soljenja kolnika.



Slika 18. Cesta Podrute – Bela

Na cesti Podrute – Bela nalazi se kamenolom „Belski dol“ (slika 19) s popratnim objektima koji pripada kategoriji potencijalnih točkastih izvora onečišćenja. Onečišćenje može nastati kao posljedica izlivanja ugljikovodika iz spremnika nafte i naftnih derivata.



Slika 19. Kamenolom Belski dol

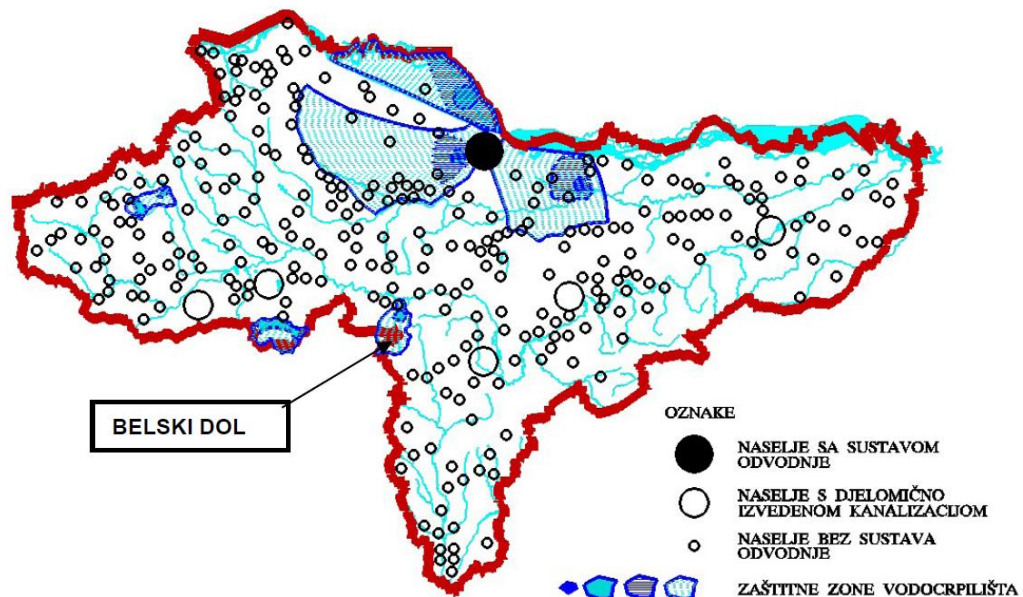
Jugozapadno od izvorišta, a unutar njegove zone prihranjivanja, evidentirano je divlje odlagalište komunalnog otpada (slika 20) koje je sadržavalo opasne komponente poput istrošenih baterija, automobilskih guma, starih lijekova te ambalaže od ulja, boja i lakova. Procjedne vode takvih divljih ne sanitarnih odlagališta predstavljaju opasnost za podzemnu vodu.



Slika 20. Divlje odlagalište otpada

Na promatranom području evidentirano je jedno seosko gospodarstvo čije se otpadne vode ispuštaju direktno u Belski potok. Na cijelom istražnom području nije izgrađen sustav javne odvodnje otpadnih i oborinskih voda (kanalizacijski sustav) (slika 21) te su svi naseljeni dijelovi unutar područja zaštitnih zona raspršeni izvori onečišćenja.

REPUBLIKA HRVATSKA  
VARAŽDINSKA ŽUPANIJA  
RAZMJESTA NASELJA I NAČIN ODVODNJE



Slika 21. Područja u Varaždinskoj županiji sa i bez kanalizacijskog sustava (Prostorni plan Varaždinske županije 2000)

Na promatranom području nisu riješeni problemi odvodnje otpadnih i oborinskih voda, zbrinjavanja krutog otpada s životinjskih farmi, prekomjernog tretiranja poljoprivrednih površina mineralnim gnojivima i pesticidima, nelegalnog odlaganja komunalnog otpada koji sadrži opasne komponente te adekvatne sanacije prometnica na kojima može doći do havarija ili akcidenata prilikom prijevoza tvari.

## 5.2. POTENCIJALNI ONEČIŠĆIVAČI REGISTRIRANI 2018. GODINE

Pošto je od izrade Elaborata o zonama sanitarne zaštite prošlo 10 godina potrebno je prema Pravilniku (NN 66/2011, 47/2013) utvrditi trenutno stanje na terenu i odrediti sanacijske mjere za pojedina onečišćivala. Što se tiče postojećih potencijalnih onečišćivača, situacija se nije puno promijenila u odnosu na razdoblje od prije desetak godina. Cesta Podrute – Bela i dalje je glavna prometnica u tom području. Na kamenolomu Belski dol identificirano je divlje odlagalište otpada što se vidi na slici 22.





Slika 22. Divlje odlagalište otpada u Kamenolomu Bela

Tijekom obilaska terena u ožujku 2018. godine, uz već spomenuto divlje odlagalište u kamenolomu, identificirano ih je još nekoliko u vodozaštitnom području, a neka od njih prikazana su na slici 23.



Slika 23. Divlja odlagališta otpada na priljevnom području izvorišta Belski dol (lijevo - šumarak uz pristupni put prema planinarskom domu „Ham – Pokojec“, desno – područje uz cestu prema naselju Podrute)

Uz kuće koje su i dalje bez izgrađenog kanalizacijskog sustava prisutno je i nekoliko manjih seoskih gospodarstva čije se otpadne vode i gnojovka ispuštaju direktno u Belski potok (slika 24). Na vodozaštitnom području prisutno je i nekoliko poljodjelskih površina za uzgoj biljnih kultura (slika 25).



Slika 24. Seoska gospodarstva



Slika 25. Poljoprivredne površine

Što se tiče turističkih aktivnosti na promatranom području aktivan je društveni dom „Ham – Pokojec“ koji se nalazi na samom rubu vodozaštitnog područja, koji nema uređeno parkiralište, a do kojega se vozilima i pješice može stići makadamskim putem (slika 26).



Slika 26. Planinarski dom „Ham - Pokojec“

Područje je specifično zbog vjersko – turističkog sadržaja u I. B zoni sanitarne zaštite gdje izletnici preko ugrađene cijevi mogu uzeti izvorsku vodu Gornjeg izvora. Na tom području nalazi se manja kapelica i križni put te nekoliko stolova i klupa za odmor (slika 27).





Slika 27. Turistički sadržaj u I. B zoni

## 6. MJERE ZAŠTITE I SANACIJSKI ZAHVATI

U skladu s člankom 35. Pravilnika o uvjetima za utvrđivanje zona sanitarne zaštite izvorišta (NN 66/2011, 47/2013) unutar utvrđenih zona provodi se pasivna i aktivna zaštita izvorišta. Mjere pasivne zaštite čine zabrane građenja određenih građevina i obavljanja određenih aktivnosti unutar zona, dok se aktivna zaštita realizira kroz monitoring kakvoće vode na priljevnom području, gradnju vodnih građevina za vodoopskrbu i odvodnju, uvođenje čistih proizvodnji, ekološku poljoprivredu, izgradnju spremnika opasnih i onečišćujućih tvari i slično.

Radi sprječavanja nepovoljnog djelovanja na izdašnost i kvalitetu vode izvorišta propisuju se mjere zaštite i sanacije, a one su od javnog interesa i imaju prioritet nad drugim mjerama i radnjama fizičkih i pravnih osoba na području zona sanitarne zaštite izvorišta.

### 6.1. PROMETNICE

Na području zona sanitarne zaštite izvorišta Belski dol nalazi se županijska cesta ŽC 2107, dionica Bela – Podrute na duljini od 3,7 km te prolazi kroz I.B, II. i III. zonu sanitarne zaštite, a njen smještaj prikazan je u Prilogu 1. Pravilnikom (NN 66/2011, 47/2013) već se u IV. zoni zabranjuje izgradnja prometnica, međutim navedena županijska cesta izgrađena je prije kaptiranja izvorišta Belski dol za vodoopskrbu. Zbog takvog položaja ceste i njene važnosti za lokalno stanovništvo, a koja predstavlja opasnost za podzemnu vodu u vidu prometnih nesreća i soljenja kolničkog traka u zimskom periodu treba provesti specifične mjere zaštite kako bi se očuvala kvaliteta podzemne vode.

Dio ceste koji prolazi I.B zonom uređen je na način da ima kontrolirani sustav odvodnje oborinskih voda (slika 28) koje se odvođe otvorenim kanalom obloženim betonskim pločama što je potrebno kako onečišćene ceste s prometnice ne bi dospjele u priljevnu zonu izvorišta.





Slika 28. Kontrolirana odvodnja oborinskih voda s prometnice u I.B zoni

Potrebno je takav sustav odvodnje napraviti duž cijelog dijela ceste koja prolazi kroz I.B zonu, a i II. zonu koja se dijelom nalazi između I.B zone uz Gornji i Donji izvor.

Fuge između betonskih ploča od kojih je napravljen odvodni kanal potrebno je zapuniti bitumenom kako bi sustav bio nepropustan. Dodatno je potrebno ograničiti brzinu vožnje na 40 km/h te zabraniti zaustavljanje i parkiranje kako bi se smanjio rizik od prometnih nesreća, a održavanje cesta tijekom zimskog perioda vršiti isključivo kamenom drobinom, bez upotrebe soli ili drugih kemijskih tvari.

Sve navedene mjere treba provesti i u II. zoni sanitarne zaštite. U III. zoni sanitarne zaštite potrebno je zabraniti pretjecanje svim motornim vozilima te zimsko održavanje cesta provoditi isključivo kamenom drobinom. Na ostalim prometnicama koje se nalaze u III. zoni potrebno je postaviti odgovarajuće znakove kojima se jasno ističe njihova pripadnost toj zoni.

## 6.2. KAMENOLOMI

Na području zona sanitarne zaštite izvorišta Belski dol nalaze se 4 kamenoloma prikazana u Prilogu 1. Pošto je prema važećem Pravilniku (NN 66/2011, 47/2013) zabranjena površinska i podzemna eksploatacija mineralnih sirovina u III. i strožim zonama sanitarne zaštite potrebno je zabraniti otvaranje novih i korištenje postojećih kamenoloma.

Terenskim obilaženjem terena uočeno je da ni jedan od 4 kamenoloma više nije aktivan, no opasnost predstavlja mogućnost odlaganja otpada na bivša eksploatacijska polja što se već počelo dešavati (slika 29).



Slika 29. Divlje odlagalište otpada u kamenolomu

Kako bi se sačuvala kvaliteta vode potrebno je sanirati zatvorene kamenolome u skladu sa Zakonom o rudarstvu (NN 56/2013, 14/2014) da se spriječi eventualna infiltracija onečišćujućih tvari u podzemlje i svaki od napuštenih kamenoloma zatvoriti zaštitnom ogradom radi sprječavanja mogućnosti ulaska na to područje i ilegalne eksploatacije.

### 6.3. DIVLJA ODLAGALIŠTA OTPADA

Na području izvorišta Belski dol nalaze se 4 lokacije koje su terenskom prospekcijom u ožujku 2018. godine evidentirana kao divlja odlagališta različitog otpada (slika 30), od komunalnog, do građevinskog, a što je u Prilogu 1 označeno oznakama DO – 1,2,3,4. Prema Pravilniku (NN 66/2011, 47/2013) u III. zoni sanitarne zaštite zabranjeno je skladištenje i odlaganje otpada, gradnja odlagališta otpada, osim sanacija postojećeg u cilju njegova zatvaranja. Nekoliko divljih odlagališta otpada koja se nalaze na području Belskog dola potrebno je sanirati i spriječiti daljnje odlaganje otpada postavljanjem odgovarajućih ploča sa zabranama te redovitom terenskom inspekcijom komunalnog redara. Za uklanjanje otpada nakon njegovog pronalaska od strane komunalnog redara odgovoran je vlasnik tj. posjednik nekretnine na kojoj je otpad odložen, odnosno osoba koja upravlja tim područjem za što se određuje rok sanacije. Ukoliko komunalni redar nakon isteka roka utvrdi da otpad nije uklonjen, uklanjanje otpada treba izvršiti jedinica lokalne samouprave za što može tražiti naknadu od vlasnika, posjednika ili upravitelja nekretnine.



Slika 30. Divlja odlagališta otpada

Kako bi se ovakva nepropisna buduća odlaganja otpada spriječila važno je podići javnu svijest i senzibilizirati javnost na temu odlaganja otpada i zaštite okoliša. To se može provesti izradom promotivnih letaka te organiziranjem javnih tribina i predavanja kako bi se stanovništvo educiralo o problemu otpada i njegovog utjecaja na okoliš, a poželjne su i javne akcije sakupljanja otpada i čišćenja onečišćenih terena i lokacija.

#### 6.4. SEOSKA GOSPODARSTVA

Seoska gospodarstva na kojima se uzgaja stoka mogu predstavljati opasnost za podzemne vode u vidu infiltracije ne adekvatno odloženog stajskog gnoja te ispuštanja otpadnih voda direktno u prirodne recipijente. Takve aktivnosti povećavaju koncentraciju spojeva s dušikom i fosforom u podzemnim vodama. Na priljevnom području izvorišta Belski dol nalazi se 6 registriranih stočarskih farmi (slika 31), koju su u Prilogu 1 označene oznakama F – 1,2,3,4,5,6. Većina farmi na ovom području nalaze se na prostoru koje je prema Corine Land Cover - u (CLC, 2006) definirano kao pašnjaci i poljodjelska zemljišta čija je rasprostranjenost vidljiva u Prilogu 1. Sve farme su manjeg kapaciteta te ni jedna ne prelazi 2 uvjetna grla (UG).

Tablica 2. Koeficijenti za proračun uvjetnih grla (NN 60/2017)

Vrsta stoke	Koeficijent	Vrsta stoke	Koeficijent
Goveda starija od 24 mjeseca	1,0	krmače	0,3
Goveda starosti od 12 do 24 mjeseca	0,6	Nerasti	0,4
Goveda starosti od 6 do 12 mjeseca	0,3	svinje u tovu od 25 do 110 kg	0,15
Rasplodni bikovi	1,4	Odojci	0,02
Telad	0,15	Kokoši nesilice	0,004
Konji	1,2	Tovni pilići	0,0025
Ždrebad	0,5	Purani	0,02
Ovce i koze	0,10	Kunići i pernata divljač	0,002
Janjad, jarad	0,05		



Uvjetno grlo predstavlja grlo stoke mase 500 kg te se sve ostale životinje preračunavaju u broj uvjetnih grla množenjem te mase s odgovarajućim koeficijentima koji su prikazani u tablici 2.



Slika 31. Seoska gospodarstva

Prema Pravilniku (NN 66/2011, 47/2013) navodi se zabrana stočarskih aktivnosti u II. zoni sanitarne zaštite, ali farmi većih od 20 uvjetnih grla. Manja gospodarstva smiju biti prisutna uz provedbu mjera zaštite voda i poštivanje načela dobre poljoprivredne prakse. Kako bi se spriječio negativan utjecaj stočarskih farmi i seoskih gospodarstava na podzemne vode svu gnojovku koja nastaje potrebno je odlagati u nepropusne spremnike, a otpadnu vodu koja nastaje potrebno je pročititi prije ispuštanja u okoliš što je definirano Pravilnikom (NN 66/2011, 47/2013) koji navodi da je već u IV. zoni zabranjeno ispuštanje nepročišćenih otpadnih voda u okoliš.

## 6.5. POLJOPRIVREDNE POVRŠINE

Poljoprivredna proizvodnja može biti opasna po podzemne vode u vidu onečišćujućih tvari koje se mogu infiltrirati s površine u podzemlje. To su ostaci dušičnih gnojiva u obliku nitrata i fosfata, pesticidi te druga zaštitna sredstva. Na području Belskog dola prisutno je nekoliko obrađenih poljoprivrednih površina, no one su relativno male te se na njima uzgajaju različite kulture (slika 32).

Sve poljoprivredne površine koje su evidentirane nalaze se u III. zoni (Prilog 1), a pošto je poljoprivredna proizvodnja, osim ekološke, Pravilnikom (NN 66/2011, 47/2013) zabranjena tek u II. zoni nema potrebe za sanacijskim zahvatima. Unatoč tome poželjna je poljoprivredna proizvodnja uz kontroliranu upotrebu umjetnih hranjiva i zaštitnih sredstava, a posebice blizu zdenaca i otvorenih vodotoka. Također, stanovništvo je

potrebno educirati o načelima dobre poljoprivredne prakse te ekološke proizvodnje uz minimalnu upotrebu pesticida, umjetnih gnojiva te perzistentnih tvari.



Slika 32. Poljoprivredne površine

## 6.6. TURISTIČKE AKTIVNOSTI

Turističke aktivnosti na području izvorišta Belski dol prisutne su povremeno te su vezane uz planinarski dom „Ham – Pokojec“ ili „Lujčekova hiža“ koji se nalazi na granici III. zone sanitarne zaštite te uz malu kapelicu i križni put koji se nalaze u I.B zoni (slika 33). Spomenuti planinarski dom čija je lokacija prikazana u Prilogu 1 otvoren je povremeno, vikendom i po dogovoru te mu je kapacitet 20 noćenja i oko 130 sjedećih mjesta. Uz njega se nalaze i drugi prikladni sadržaji za posjetitelje koji se nalaze unutar III. zone sanitarne zaštite (teren za paintball). Kapelica i mali križni put nalaze se izravno u prvoj zoni sanitarne zaštite uz Gornji izvor te je na tom mjestu turistima moguće uzimanje vode koja preko obzidanog preljeva istječe kroz cijev (tzv. izvor Pod bukvom).



Slika 33. Turistički sadržaji – planinarski dom (lijevo), kapelica (desno)

Prema Pravilniku (NN 66/2011, 47/2013) u III. zoni sanitarne zaštite zabranjeno je ispuštanje nepročišćenih otpadnih voda što u ovom planinarskom domu nije riješeno te se predlaže izgradnja trokomorne septičke jame kojom bi se spriječilo ispuštanje otpadnih voda iz doma te njihovo odvođenje izvan priljevnog područja izvorišta. Alternativno rješenje je izgradnja tipskog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda prije njihovog ispuštanja u okoliš. Što se tiče kapelice i mjesta gdje turisti mogu uzimati višak vode s Gornjeg izvora, područje je specifično jer se nalazi u I. zoni, u kojoj je Pravilnikom (NN 66/2011, 47/2013) zabranjena bilo kakva aktivnost osim one vezane uz zahvaćanje, kondicioniranje i transport vode u vodoopskrbni sustav.

Pošto je ove aktivnosti nemoguće spriječiti, potrebno je osigurati aktivne, tehničke mjere zaštite, npr.:

- postavljanje ploča s jasnim natpisima da se radi o vodozaštitnom području te da je zabranjeno ostavljanje smeća (prijedlog ploče na slici 34),
- propisivanje prekršajno pravne sankcije i novčane kazne koja bi odvratila potencijalnog počinitelja od onečišćenja i devastiranja područja,
- redoviti komunalni nadzor zone oko Gornjeg izvora te po potrebi organizirati akcije odvoženja smeća
- u monitoring kakvoće vode uključiti vodu s preljeva te djelovati ukoliko se uoči jača mikrobiološka prisutnost. (GFV 2018)



Slika 34. Prijedlog ploče za područje I.B zone

## 7. ZAKLJUČAK

U današnje vrijeme potreba za vodom za piće sve je veća, a istovremeno raste i antropogeni utjecaj na njenu kvalitetu. Većina vode za piće u Hrvatskoj dobiva se iz podzemnih rezervi. Kako bi se sačuvala kvaliteta podzemne vode, treba je pravovremeno i kvalitetno zaštititi što se kod nas provodi kroz definiranje zona sanitarne zaštite izvorišta uključenih u vodoopskrbni sustav i provođenje pasivnih i aktivnih mjera zaštite u istima. Jedno od izvorišta koje se koristi za vodoopskrbu u Republici Hrvatskoj je i izvorište Belski dol čija se priljevna površina nalazi u Varaždinskoj i Krapinsko – zagorskoj županiji te se sastoji od Gornjeg i Donjeg izvora u kojima se crpi 63 l/s vode. Da bi se sačuvala i unaprijedila postojeća kakvoća voda priljevno područje podijeljeno je u 3 zone sanitarne zaštite u kojima su definirane mjere zaštite i sanacijski zahvati koje treba provesti. Mjere se odnose na izgradnju kanalizacijskog sustava ili nepropusnih septičkih jama kućanstava i postojećeg planinarskog doma kako bi se spriječilo ispuštanje nepročišćenih otpadnih voda u Belski potok, izgradnju nepropusnih spremnika za stajski gnoj iz prisutnih stočarskih farmi te poštivanje načela dobre poljoprivredne prakse na postojećim poljoprivrednim površinama uz minimalno korištenje pesticida i umjetnih gnojiva. Mjere su također usmjerene na sanaciju i zatvaranje postojećih divljih odlagališta otpada i sprječavanje daljnjeg neadekvatnog odlaganja istog u šumarke i teren uz cestu. Cesta bi cijelim dijelom kojim prolazi kroz zone sanitarne zaštite trebala imati kontrolirani sustav odvodnje oborinskih voda radi sprječavanja infiltracije ugljikovodika, ulja i drugih kemijskih tvari u podzemlje. Područje je specifično ne samo zbog prometnice koja prolazi kroz I.B zonu sanitarne zaštite, već i po vjersko turističkom sadržaju koji se nalazi u njoj. Na tom području prolaznicima i turistima potrebno je strogo zabraniti bacanje smeća i bilo kakve druge aktivnosti koje nisu vezane uz uzimanje vode koja istječe preko obzidanog preljeva.

## 8. LITERATURA

Baćani, A. (2006). *Hidrogeologija I*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

Biondić B. i Biondić R. (2014). *Hidrogeologija dinarskog krša u Hrvatskoj*. Varaždin: Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet.

*Drugi akcijski program zaštite voda od onečišćenja uzrokovano nitratima poljoprivrednog podrijetla*. (2017). Narodne novine. Broj 60.

Ford D. i Williams P. (2007). *Karst hidrogeology and geomorphology*. McMaster University, Canada, University of Auckland, New Zeland.

GFV (2018). *Program za provođenje mjera zaštite i sanacije u zonama sanitarne zaštite izvorišta Belski dol*. Varaždin: Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet.

Goldscheider N, Klute M, Sturm S, Hötzl H (2000): The PI method – a GIS-based approach to mapping groundwater vulnerability with special consideration of karst aquifers. *Zeitschrift für angewandte Geologie*, (46) 3, pp. 157-166

Grđan, D. i Strelec, S. (1993): Izvorište Belski dol i njegova zaštita. *Hrvatske vode*, 1 (4), 253-260

Ground Water Protection Council - GWPC (2007): Ground Water Report to the nation: A call to action.

Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (HAOP): Pokrov zemljišta u Republici Hrvatakoj, CORINE Land Cover baza podataka (CLC, 2006). Mrežna veza: <http://gis.azo.hr/services>

Hrvatske vode (2009): Strategija upravljanja vodama.- Narodne novine 91/2008

Louis, C. (1979): A Study of Groundwater Flow in Joint Rock and its Influence on the Stability of Rock Masses. Rock Mechanics Research Report, No.10, Imp. Coll. Of Science and Technology, London

Mayer, D. (1993). *Kvaliteta i zaštita podzemnih voda*. Zagreb: Hrvatsko društvo za zaštitu voda i mora.



*Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće.* (2008). Narodne novine. Broj 47.

*Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju.* (2015). Narodne novine. Broj 128.

*Pravilnik o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe.* (2017). Narodne novine. Broj 125.

*Pravilnik o uvjetima za utvrđivanje zona sanitarne zaštite izvorišta.* (2011). Narodne novine. Broj 66.

*Pravilnik o uvjetima za utvrđivanje zona sanitarne zaštite izvorišta.* (2013). Narodne novine. Broj 47.

Prostorni plan Varaždinske županije, Županijski zavod za prostorno uređenje Varaždinske županije, 2000.

RGN (2008). *Elaborat o zaštitnim zonama izvorišta Belski dol.* Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

Shiklomanov, I. (1993): World Fresh Water Resources. In: Gleick, P. H. (ed) Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources. Oxford University Press

USEPA (2005): Inspector General's Report: Source Water Assessment and Protection Programs Show Initial Promise, but Obstacles Remain. EPA Report No. 2005-P-00013.

Varkom (2018): Kvaliteta vode za piće. Mrežna veza: <http://varkom.com/default.asp?CategoryID%20=1007&FlashID=14014&ParentID=13713&title=kvaliteta-vode-za-pice>, 15.07.2018.

*Zakon o rudarstvu.* (2014). Narodne novine. Broj 14.

*Zakon o vodama.* (2014). Narodne novine. Broj 14.

## POPIS SLIKA

Slika 1. Položaj izvorišta Belski dol (RGN, 2008) .....	13
Slika 2. Položaj izvorišta Belski dol unutar slivnih područja Varaždinske županije (Prostorni plan Varaždinske županije 2000).....	14
Slika 3 i 4. Vodozahvat „gornjeg“ izvora; Vodozahvat „donjeg“ izvora .....	15
Slika 5. i 6. Betonski blokovi (Grđan i Strelec 1993) ograde uz cestu (lijevo) i zaštitne betonska ograde duž cestu uz izvorišta (desno).....	16
Slika 7. Hidrogeološka karta područja Belski dol (RGN 2008) .....	17
Slika 8. Zamućeni Belski potok u vrijeme većih oborina, uz bistri izvor - lijevo (RGN 2008), desno 2018.....	18
Slika 9. Rijeka Bednja .....	20
Slika 10. Osnovni ionski sastav podzemne vode izvorišta Belski dol (RGN 2008).....	22
Slika 11. Temperatura podzemne vode izvorišta Belski dol (1990.-2007.) .....	23
Slika 12. Elektrolitička vodljivost podzemne vode izvorišta Belski dol (1990.-2007.) .	23
Slika 13. Utrošak $KMnO_4$ u podzemnoj vodi izvorišta Belski dol (1990. - 2007.g.) .....	24
Slika 14. Koncentracije nitrata na izvorištu Belski dol (1990. - 2007.g.) .....	24
Slika 15. Temperatura izvorišta Belski dol prema podacima HZJZ i Varkoma.....	26
Slika 16. Elektrolitička vodljivost izvorišta Belski dol prema podacima HZJZ i Varkoma.....	27
Slika 17. Utrošak $KMnO_4$ izvorišta Belski dol prema podacima HZJZ i Varkoma .....	27
Slika 18. Cesta Podrute – Bela.....	29
Slika 19. Kamenolom Belski dol .....	30
Slika 20. Divlje odlagalište otpada .....	30
Slika 21. Područja u Varaždinskoj županiji sa i bez kanalizacijskog sustava (Prostorni plan Varaždinske županije 2000).....	31
Slika 22. Divlje odlagalište otpada u Kamenolomu Bela .....	32
Slika 23. Divlja odlagališta otpada na priljevnom području izvorišta Belski dol (lijevo - šumarak uz pristupni put prema planinarskom domu „Ham – Pokojec“, desno – područje uz cestu prema naselju Podrute) .....	32
Slika 24. Seoska gospodarstva.....	33
Slika 25. Poljoprivredne površine.....	33
Slika 26. Planinarski dom „Ham - Pokojec“ .....	33
Slika 27. Turistički sadržaj u I. B zoni .....	34

Slika 28. Kontrolirana odvodnja oborinskih voda s prometnice u I.B zoni.....	36
Slika 29. Divlje odlagalište otpada u kamenolomu .....	37
Slika 30. Divlja odlagališta otpada .....	38
Slika 31. Seoska gospodarstva.....	39
Slika 32. Poljoprivredne površine.....	40
Slika 33. Turistički sadržaji – planinarski dom (lijevo), kapelica (desno) .....	40
Slika 34. Prijedlog ploče za područje I.B zone.....	41

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Kriteriji za određivanje zona sanitarne zaštite.....	10
Tablica 2. Koeficijenti za proračun uvjetnih grla (NN 60/2017) .....	38